



Glossar

HF-Stecker

Index

- [1-mm-Stecker](#)
- [1,85-mm-Stecker](#)
- [2,4-mm-Stecker](#)
- [2,92-mm-Stecker](#)
- [3,5-mm-Stecker](#)
- [7-mm-Stecker](#)
- [7/16-DIN-Stecker](#)
- [APC-Stecker](#)
- [BNC-Stecker](#)
- [C-Stecker](#)
- [Dämpfung](#)
- [Dielektrikum](#)
- [F-Stecker](#)
- [GR874-Stecker](#)
- [HF-Stecker](#)
- [IEC-Stecker](#)
- [Impedanz](#)
- [MC-Card-Stecker](#)
- [MCX-Stecker](#)
- [Mini-UHF-Stecker](#)
- [MMCX-Stecker](#)
- [N-Stecker](#)
- [PL-Stecker](#)
- [Reflexionsfaktor](#)
- [Rückflussdämpfung](#)
- [SMA-Stecker](#)
- [SMB-Stecker](#)
- [SMC-Stecker](#)
- [Smith-Diagramm](#)
- [Stehwellenverhältnis](#)
- [TNC-Stecker](#)
- [Twinaxial-Stecker](#)
- [U.FL-Stecker](#)
- [UHF-Stecker](#)
- [Wellenwiderstand](#)
- [Zwitterstecker](#)

HF-Stecker

1-mm-Stecker

1 mm connector



1-mm-Stecker, Foto: Agilent

Viele Mikrowellenstecker wurden von Hewlett Packard entwickelt, so auch der 1-mm-Stecker, dessen Übertragungsbereich bis 110 GHz reicht.

Der 1-mm-Stecker wird in der Entwicklung und der Mikrowellen-Messtechnik für Mikrowellen-Analysen eingesetzt. Außerdem findet man den 1-mm-Stecker in der monolithischen Mikrowellen-Halbleitertechnik (MMIC). Der Vorteil dieses kleinen Steckers mit einem Innendurchmesser von nur 1 mm liegt darin, dass man Mikrowellen in diesem Bereich sonst mit Hohlleitern übertragen müsste.

1,85-mm-Stecker

1.85 mm connector



*1,85-mm-Stecker, Foto:
Spectrum Elektrotechnik GmbH*

Der 1,85-mm-Stecker stammt aus den 80er Jahren und wurde von Hewlett Packard entwickelt. Er kann Frequenzen bis zu 65 GHz übertragen und arbeitet am besten in Verbindung mit den *Hochfrequenzkabeln* UT-047 und UT-085.

Der Innendurchmesser des äußeren Gewinderings beträgt 1,85 mm, während der Außendurchmesser 4,55 mm beträgt und somit kompatibel ist zu anderen *HF-Steckern* wie dem *2,4-mm-Stecker*. Er ist inkompatibel zum *SMA-Stecker*.

Der 1,85-mm-Stecker wird bei anderen Herstellern auch als V-Stecker bezeichnet.

2,4-mm-Stecker

2.4 mm connector

Der 2,4-mm-Stecker wurde von Hewlett Packard, Amphenol und M/A-Com für den Frequenzbereich bis 50 GHz entwickelt. Durch

HF-Stecker

Verdickung des äußeren Gewinderings ist die Konstruktion des 2,4-mm-Steckers stabiler als die des *SMA-Steckers* und des *2,92-mm-Steckers*. Er wird in drei verschiedenen anwendungsspezifischen Varianten geliefert. Die universelle Variante kann an Mikrowellenkomponenten, Hohlleitern und *Hochfrequenzkabeln* angeschlossen werden, wo geringere Anforderungen an die Reproduzierbarkeit gestellt werden, die zweite Variante eignet sich am besten für die Mikrowellen-Messtechnik und die dritte ist die Präzisionsausführung mit den besten Übertragungseigenschaften.

Der Innendurchmesser des Gewinderings ist 2,4 mm, der Außendurchmesser 4,9 mm. Der 2,4-mm-Stecker ist mechanisch inkompatibel mit dem SMA-, dem 3,5-mm- und dem 2,92-mm-Stecker. Für eine Verbindung mit diesen Mikrowellensteckern wird ein spezieller Adapter benötigt.

2,92-mm-Stecker *2.92 mm connector*

Der 2,92-mm-Stecker ist ein Mikrowellenstecker für den Frequenzbereich bis 46 GHz. Der in den 80er Jahren entwickelte 2,92-mm-Stecker ist auch bekannt als 2,9-mm-Stecker, als K-Stecker, diese Bezeichnung verwendet die Wiltron Corp., und als SMK-Stecker.

Der 2,92-mm-Stecker hat als *Dielektrikum* Luft, der Durchmesser des Innengewindes ist 2,92 mm, der Außendurchmesser ist wie bei anderen Miniatur-Mikrowellensteckern 4,55 mm. Der 2,92-mm-Stecker kann direkt mit dem 3,5-mm- und dem *SMA-Stecker* verbunden werden. Damit man den 2,92-mm-Stecker ohne Werkzeug anschließen kann, gibt es ihn in speziellen Versionen mit einem vergrößerten Außenring. Er hält mehrere zehntausend Steckzyklen ohne merkliche Beeinträchtigung der Übertragungseigenschaften aus.

Als *Hochfrequenzkabel* eignen sich UT-141, das modenfrei bis 34 GHz reicht, und UT-085, das bis 60 GHz eingesetzt werden kann.

HF-Stecker

3,5-mm-Stecker 3.5 mm connector

Der *APC-Stecker* APC-3.5 wird auch als 3,5-mm-Stecker bezeichnet. Er kann bis zu Frequenzen von 34 GHz eingesetzt werden und hat in Verbindung mit dem *Hochfrequenzkabel* UT-141 ein optimales Übertragungsverhalten. Im Gegensatz zum *SMA-Stecker* ist der 3,5-mm-Stecker ein Präzisionsstecker und hat als *Dielektrikum* Luft. Der innere Durchmesser des äußeren Gewinderings beträgt 3,5 mm, der äußere 4,55 mm und ist damit kompatibel zu anderen *HF-Steckern*.

Die *Impedanz* des 3,5-mm-Steckers beträgt 50 Ohm, das *Stehwellenverhältnis* beträgt bei 10 GHz 1,05, bei 30 GHz 1,13.

Wird der 3,5-mm-Stecker mit einem SMA-Stecker verbunden, dann liegt das Stehwellenverhältnis (VSWR) im gesamten Frequenzbereich bis 27 GHz unter 1,10 und ist damit geringer als wenn zwei SMA-Stecker miteinander verbunden werden.

7-mm-Stecker 7 mm connector



APC-7-Stecker, Foto: NoCat

Der *APC-Stecker* APC-7 ist ein *HF-Stecker*, der auch als 7-mm-Stecker bezeichnet wird. Es ist ein hermaphroditischer Präzisionsstecker, der äußerst reflexionsarm ist und eines der geringsten *Stehwellenverhältnisse* aufweist. Er wurde von Aphenol und Hewlett Packard entwickelt und kann in Anwendungen eingesetzt werden, die viele Steckzyklen erfordern. So findet man ihn beispielsweise als Eingangsstecker von Spektrumanalysatoren. Der 7-mm-Stecker hat eine *Impedanz* von 50 Ohm, kann im Frequenzbereich bis 18 GHz eingesetzt werden und zeichnet sich durch VSWR-Werte von bis zu 1,01 aus.

HF-Stecker

7/16-DIN-Stecker 7/17 DIN connector



7/16-DIN-Stecker, Foto: Huber + Suhner

7/16-DIN-Stecker	
Impedanz	50 Ohm
Frequenzbereich	0 bis 7,5 GHz
Nennspannung	>800 Veff
Rückflusdämpfung	1,30 bis 7 GHz
VSWR	30 dB bis 1,0 GHz 28 dB bis 2,0 GHz 21 dB bis 3,0 GHz
Kontaktwiderstand	
Innenleiter	0,04 mOhm
Außenleiter	1,5 mOhm
HF-Dichtigkeit	125 dB

Spezifikationen des 7/16-DIN-Steckers

Ein relativ neuer *HF-Stecker* ist der 7/16-DIN-Stecker, der im Frequenzbereich bis 7,5 GHz eingesetzt werden kann. Er wurde in den 90er Jahren für den Einsatz in Zellularnetzen, Basisstationen, an Funkantennen und anderen funktechnischen Kommunikationseinrichtungen entwickelt. Der 7/16-Stecker ist mit Gummidichtungen ausgestattet und hat versilberte oder vergoldete Kontakte, wodurch er für den Außeneinsatz prädestiniert ist. Der Innendurchmesser des äußeren Gewinderings beträgt 7 mm, der Außendurchmesser 16 mm. Der 7/16-Stecker gilt als äußerst robust. Die *Impedanz* des 7/16 beträgt 50 Ohm, die

Rückflusdämpfung 30 dB bis 1 GHz, 28 dB bis 2 GHz und 21 dB bis 3,0 GHz, das *VSWR* bei maximal 1,30 und der Kontaktwiderstand des Innenkontaktes beträgt lediglich 0,04 Ohm. Er ist für hohe Spannungen von 800 V spezifiziert, in einer speziellen Ausführung kann er sogar 2,7 kVeff verkraften, und über ihn können hohe Leistungen mit Spitzenwerten von 3 kW übertragen werden.

Im Unterschied zum *N-Stecker* muss der 7/16-Stecker mit einem Schraubenschlüssel angeschlossen werden. Der 7/16-Stecker ist in DIN 47223 spezifiziert.

HF-Stecker

Admittanz

Y, admittance

Antennenstecker

antenna connector

Die Admittanz (Y) ist der Kehrwert der *Impedanz* (Z). Es ist eine komplexe Größe, die sich aus $1/Z$ ergibt. Die Admittanz besteht ebenso wie die Impedanz aus einer Wirkkomponente, dem frequenzunabhängigen Wirkleitwert (G) und der imaginären, frequenzabhängigen Komponente, dem Blindleitwert (jB). Die geometrische Addition beider Komponenten bilden die Admittanz oder den Scheinleitwert.

Benutzt wird diese Größe u.a. bei der Bestimmung des frequenzabhängigen Leitwertes von HF-Komponenten wie Antennen, Steckern oder *Hochfrequenzkabeln*, deren Scheinleitwert in *Smith-Diagrammen* dargestellt wird.

Antennenstecker sind *HF-Stecker* für Antennenkabel, Antennenanlagen und Satelliten-Antennenanlagen. Der klassische Antennenstecker ist der *IEC-Stecker* nach IEC 60169-2. Der IEC-Steckverbinder besteht aus einem koaxial aufgebautem Stecker und einer Buchse, die überlappend ineinander gesteckt werden. Dadurch hat der IEC-Stecker eine relativ gute HF-Dichtigkeit.

Der IEC-Antennenstecker ist geeignet für Kabelfernsehen, DVB-T, analoges Fernsehen, UKW-



Antennenstecker nach IEC 60169-2

Rundfunk uvm. Für Satelliten-Antennenanlagen wird nicht der IEC-Stecker eingesetzt, sondern der *F-Stecker*. Er benutzt die Kabelader als Stecker-Innenleiter, wodurch die *Dämpfung* im einige Dezibel reduziert wird. Außerdem hat er einen Schraubverschluss, der für eine hohe HF-Dichtigkeit sorgt. In der Mikrowellentechnik werden ja nach

HF-Stecker

Frequenz- und Kabelanforderung als Antennenstecker die verschiedensten *SMA*- und *SMB*-Stecker benutzt.

APC-Stecker

APC, Amphenol precision connector

Amphenol benutzt für die Steckerbezeichnung das Akronym APC, was für Amphenol Precision Connector steht.

Die APC-Stecker wurden von Amphenol- und HP-Ingenieuren entwickelt. Es gibt eine ganze Serie mit den Bezeichnungen APC-2.4, APC-3.5, APC-7 und APC-N, deren Zifferangaben mit den Dicken der *Hochfrequenzkabel* korrespondieren. Die APC-Serie zeichnet sich durch ein gutes HF-Übertragungsverhalten bis zu Frequenzen von 50 GHz aus, des Weiteren durch eine geringe *Rückflusdämpfung* von 26 dB und ein geringes *Stehwellenverhältnis* (VSWR). Die

APC2.4-Stecker	
Impedanz	50 Ohm
Frequenzbereich	bis 50 GHz
Rückflusdämpfung	bis 18 GHz: > 36 dB bis 26,5 GHz: > 32 dB bis 50 GHz: > 26 dB
Einfügungsdämpfung	0,06 dB
Nennspannung	400 V eff.
Widerstand vom Innenleiter	1,5 mOhm
Widerstand von Außenschirmung	0,8 mOhm

Spezifikationen des APC2.4-Steckers

APC-Stecker, die eine *Impedanz* von 50 Ohm haben, wurden speziell für Testgeräte und -systeme entwickelt, wo die Zuverlässigkeit der Messungen und die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse eine wesentliche Rolle spielen.

APC-2.4 ist ein *HF-Stecker* von höchster Präzision, an den Hochfrequenzkabel mit einem Durchmesser von 2,4 mm angeschlossen werden können. Die Impedanz beträgt 50 Ohm, die Rückflusdämpfung ist bis 18 GHz >36 dB, bis 50 GHz >26 dB.

APC-3.5, auch bekannt als *3,5-mm-*

HF-Stecker



APC-7-Stecker, Foto: NoCat

Stecker, ist ein leistungsstarker HF-Stecker für 50-Ohm-Kabel mit einem Durchmesser von 3,5 mm. Er kann bis zu Frequenzen von 34 GHz eingesetzt werden und hat bei 10 GHz ein Stehwellenverhältnis von 1,05, bei 30 GHz ein solches von 1,13.

Der HF-Stecker APC-7 ist für 7-mm-Kabel mit 50 Ohm Impedanz. Es handelt sich um einen Präzisionsstecker, einen so genannten Hermaphrodit, bei dem Stecker und Buchse identisch sind. Die beiden Steckerteile werden mittels Schraubgewinde verschraubt, wodurch eine hohe HF-Dichtigkeit erreicht wird. Eingesetzt werden kann der

APC-7, auch bekannt als *7-mm-Stecker*, bis zu Frequenzen von 18 GHz. Er zeichnet sich durch einen äußerst geringes Stehwellenverhältnis aus und gilt als sehr reflexionsarm. Darüber hinaus ist er äußerst robust und kann in Anwendungen eingesetzt werden, in denen viele Steckzyklen erforderlich sind, wie beispielsweise bei einem Spektrumanalysator.

Die APC-N-Stecker können mit dem APC-7 ausgetauscht und mit allen *N-Steckern* verbunden werden. Das Stehwellenverhältnis beträgt bei 18 GHz 1,08.

Bei der BNC-Steckverbindung handelt es sich um eine HF-Steckverbindung mit Bajonett-Verriegelung mit dem zwei Koaxialkabel verbunden werden. Eine BNC-Verbindung ist konzentrisch aufgebaut mit gestecktem Innenleiter und bajonettverriegelter Außenschirmung. BNC zeichnet sich durch gute HF-Eigenschaften aus und kann für Übertragungsfrequenzen weit über den UHF-Bereich hinaus bis zu 4 GHz eingesetzt werden. Der BNC-Stecker ist ein universell einsetzbarer Stecker, der als *HF-Stecker* in der Hochfrequenztechnik, der Video- und

BNC-Stecker

*BNC, bayonet Neil
Concelmann*

HF-Stecker



BNC-Stecker, Foto: media,digikey.com

Audiotechnik, aber auch als Datenstecker eingesetzt wird. BNC-Steckverbindungen sind für RG-58-Kabel und RG-59-Kabel konzipiert und haben dementsprechend eine *Impedanz* von 50 Ohm und 75 Ohm.

Für die Abkürzung BNC stehen neben Bayonet Neil Concelmann auch Baby-N-Connector, Bayonet-Navy-Connector und British-Naval-Connector.

Der C-Stecker ist ein *HF-Stecker* mittlerer Größe, der vergleichbar ist mit dem *N-Stecker*. Er hat allerdings eine Bajonet-Verriegelung und benutzt Teflon als *Dielektrikum*. Bedingt dadurch, dass das Dielektrikum überlappend ausgeführt ist, kann er in Anwendungen mit hoher Spannung eingesetzt werden. Er hat eine *Impedanz* von 50 Ohm. Bei starker mechanischer Belastung oder bei Vibrationen werden die HF-Eigenschaften wegen der Bajonett-Verriegelung beeinträchtigt.

Der C-Stecker hat eine Impedanz von 50 Ohm, ist für den Frequenzbereich bis 11 GHz ausgelegt und das *Stehwellenverhältnis* beträgt 1,35 bis 11 GHz.

Dämpfung ist die Minderung der übertragenen Signalenergie beim Durchlaufen eines Vierpols oder einer Übertragungsstrecke. Da jeder Übertragungsweg, ebenso wie jedes Übertragungsmedium mit frequenzunabhängigen und frequenzabhängigen Verlusten behaftet ist, dämpft es das zu übertragende Signal unterschiedlich stark in seinen Frequenzanteilen. Die Dämpfung wird als logarithmisches Verhältnis von Eingangs- zu Ausgangsleistung eines

C-Stecker
C connector

Dämpfung
ATT, attenuation

HF-Stecker

beliebigen Vierpols, das kann ein Kabel sein, in der Einheit Dezibel (dB) oder manchmal auch Neper (Np) angegeben.

Bei Spannungen (U_1 und U_2) definiert man $U(\text{dB}) = 20 \log (U_1/U_2)$, bei Leistungen (P_1/P_2) ist $P(\text{dB}) = 10 \log (P_1/P_2)$, wobei U_1 bzw. P_1 am Eingang und U_2 bzw. P_2 am Ausgang des Kabels bzw. Vierpols gemessen werden. Die Dämpfung eines Kabels hat verschiedene Ursachen und wird von unterschiedlichen Parametern beeinflusst. Die Dämpfung einer metallischen Leitung hängt z.B. von deren Länge, dem Material und der Bauform ab. Sie ist aufgrund der kapazitiven Kopplung der beiden Adern und deren Induktivität frequenzabhängig; das bedeutet, dass höhere Frequenzen stärker gedämpft werden als niedrigere.

Dielektrikum *dielectric*

Das Dielektrikum ist ein nichtleitendes Material, das zur Isolation zwischen den Elektroden eines Kondensators oder zwischen dem Innen- und Außenleiter eines Koaxialkabels oder eines *HF-Steckers* eingesetzt wird. Dielektrika, die in Kondensatoren eingesetzt werden, können nichtleitende Flüssigkeiten wie Öl sein, Nichtleiter wie Keramik, Glas, Kunststoff oder Gummi, aber auch Oxydschichten und Luft. In *Hochfrequenzkabeln* und HF-Steckern verwendet man hingegen Kunststoffe wie Polyethylen (PE) oder Polytetrafluorethylen (PTFE).

Die Eigenschaften des Dielektrikums spiegeln sich in der Dielektrizitätskonstanten wider und haben einen unmittelbaren Einfluss auf die Kapazität von Kondensatoren und damit auch auf das Übertragungsverhalten von Koaxialkabeln, da das Ersatzschaltbild von koaxial aufgebauten Kabeln einer Reihenschaltung von LC-Gliedern entspricht.

F-Stecker *F connector*

Der F-Stecker ist ein *HF-Stecker* für Koaxialkabel, speziell für hohe Frequenzen bis zu 2 GHz. Er wird vorwiegend in der Fernseh- und Satellitenempfangstechnik eingesetzt und eignet sich in den verschiedensten Ausführungen für 75-Ohm-Koaxialkabel mit 4 mm, 5,2 mm, 6,1 mm

HF-Stecker



F-Stecker, Foto: Mess-electronic.at

und 7 mm Durchmesser. Der Außendurchmesser beträgt 9,2 mm. Um eine höchst mögliche HF-Dichtigkeit zu erreichen, hat der Stecker einen Schraubverschluss.

Der F-Stecker wird auf die Kabelschirmung aufgeschraubt, der Stecker-Innenleiter ist gleichzeitig die Kabelader.

Der F-Stecker ist ein HF-Stecker für Antennenkabel, er wird in der Antennentechnik, in Kabelverteilnetzen, an Settop-Boxen und Kabelmodems eingesetzt.

GR874-Stecker GR874 connector

Die Bezeichnung GR874 für den *HF-Stecker* bezieht sich auf die Entwicklungsfirma General Radio.

Der GR874, auch als G874 bezeichnet, ist ein hermaphroditischer Mikrowellenstecker, dessen Frequenzbereich bis 8,5 GHz reicht. Die *Impedanz* ist wie bei allen anderen HF-Steckern 50 Ohm. Beim Zusammenstecken der beiden sexless-Stecker werden die vier Steckkontakte des Außenrings übereinander geschoben und sorgen so für die HF-Dichtigkeit.

Der GR874 ist äußerst robust, wird aber in neuen Geräten nicht mehr eingesetzt.

HF-Stecker RF connector

Die Übertragung von Hochfrequenz und Mikrowellen, wie sie im Rundfunk- und Fernsehbereich, in der Satellitenübertragung und in WLANs vorkommen, kann nur über geschirmte Medien mit definierter *Impedanz* erfolgen.

Die Schirmung verhindert das Ein- und Ausstrahlung der Hoch- und Höchsthochfrequenz, der

HF-Stecker

	HF-Stecker	Frequenzbereich
Standard-HF-Stecker	UHF-Stecker	300 MHz
	BNC-Stecker	2 GHz/4 GHz/ 10 GHz
	7/16-DIN-Stecker	7,5 GHz
	GR874-Stecker	8,5 GHz
	TNC-Stecker	11 GHz/16 GHz
	N-Stecker	18 GHz
	7-mm-Stecker	18 GHz
	APC-Stecker	18 GHz/34 GHz/50 GHz
Miniatur-HF-Stecker	MCX-Stecker	6 GHz
	SMA-Stecker	12,4 GHz/18 GHz/26 GHz
	SMB-Stecker	4 GHz/10 GHz
	SMC-Stecker	4 GHz/10 GHz
	1-mm-Stecker	110 GHz
	1,85-mm-Stecker	65 GHz
	2,4-mm-Stecker	50 GHz
	2,92-mm-Stecker	46 GHz
	3,5-mm-Stecker	34 GHz
	U.FL-Stecker	5,7 GHz

HF- und Mikrowellenstecker

definierte *Wellenwiderstand* ist die Voraussetzung für eine breitbandige, dämpfungsarme Übertragung. Aus diesem Grund wird Hochfrequenz mit Frequenzen von bis zu 20 GHz über Koaxialkabel übertragen. Für höhere Frequenzen nutzt man Hohlleiter. Um die Verbindung zwischen zwei Koaxialkabeln oder den Anschluss von Koaxialkabel an HF-Schaltungen realisieren zu können, sind lösbare Verbindungskomponenten erforderlich; bekannt als HF-Stecker.

HF-Stecker sind koaxial aufgebaut; sie bestehen aus einem Innenleiter, dem *Dielektrikum* und dem Außenleiter. Der Innenleiter ist beim Stecker als Stift ausgebildet, bei der Buchse als Kelch; der Außenleiter ist der metallische Schraub- oder Verriegelungsverschluss,

der gleichzeitig den Stecker gegen Störeinstreuungen abschirmt.

HF-Stecker unterscheiden sich in der Größe, der Dicke des anschließbaren Koaxialkabels, dem Frequenzbereich, der HF-Dichtigkeit, der Impedanz und einigen weiteren Parametern.

Die Entwicklung begann mit dem *UHF-Stecker* und setzte sich fort in einer Vielzahl an

HF-Stecker

Varianten, wie dem bekannten *BNC-Stecker*, dem *N-Stecker*, *TNC-Stecker*, *APC-Stecker* und dem *F-Stecker* und ging über zu den Miniatur-HF-Steckern, wie dem *SMA-Stecker*, *SMB-Stecker*, *SMC-Stecker* sowie den Subminiatur-Steckern wie dem *MC-Card-Stecker*, dem *U.FL-Stecker* und dem *MMCX-Stecker*, die in Kleinstgeräten, in PC-Cards und direkt auf den Platinen eingebaut werden.

Es gibt eine ganze Reihe an Mikrowellensteckern deren Bezeichnung sich auf den Stecker-Durchmesser bezieht, so den *7-mm-Stecker*, *3,5-mm-Stecker*, *2,92-mm-Stecker*, *1,85-mm-Stecker* oder den *1-mm-Stecker*. Diese Stecker decken den Frequenzbereich zwischen 20 GHz und 110 GHz ab.

IEC-Stecker *IEC connector*

Der IEC-Stecker ist der klassische *Antennenstecker*, standardisiert nach IEC 60169-2. Es handelt sich um einen koaxial aufgebauten *HF-Stecker*, der an Antennenkabeln und Antennen-Anschlusskabeln eingesetzt wird. Der IEC-Steckverbinder besteht aus einem Stecker und einer Buchse, die ineinander gesteckt werden.



IEC-Stecker, Foto: 3i-Software

Der Stecker hat einen festen Stift für den Innenleiter, der in die geschlitzte Innenhülse der Buchse gesteckt wird. Ebenso ist die Außenschirmung des Steckers fest und die der Buchse mit Schlitz versehen, damit sie beim Einstecken des Steckers federnd nachgeben kann. Der IEC-Antennenstecker hat einen Innendurchmesser von 9,5 mm und kann für Koaxialkabel mit einem Außendurchmesser von bis zu 7,5 mm eingesetzt werden. Er hat eine gute HF-Dichtigkeit, weil sowohl die Innenstifte als auch die Außenummantelung vollkommend

HF-Stecker

überdeckend sind.

Der IEC-Antennenstecker ist geeignet für Kabelfernsehen, DVB-T, analoges Fernsehen, UKW-Rundfunk uvm.

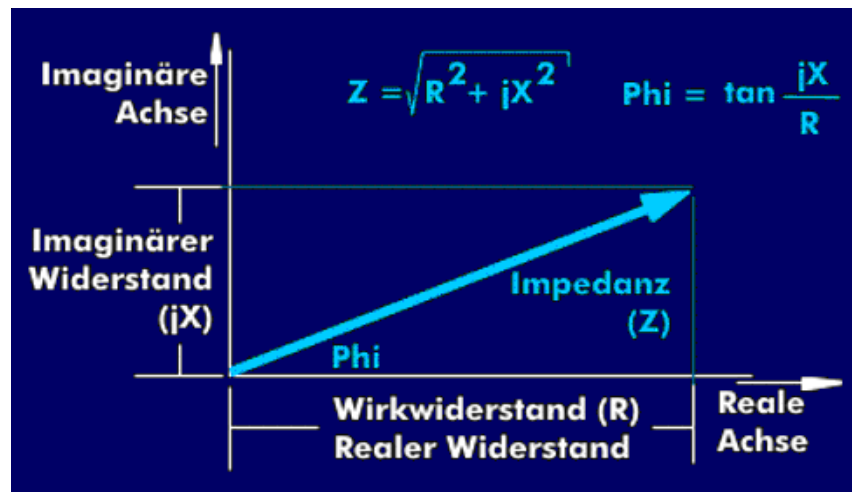
Impedanz

Z, impedance

Die Impedanz (Z) ist der Scheinwiderstand eines Zwei- oder Vierpols. Dieser setzt sich zusammen aus dem ohmschen Widerstand (R) und der Reaktanz (X), dem Blindwiderstand. Dabei handelt es sich um die frequenzabhängigen Widerstände der Induktivitäten und Kapazitäten. Generell ist die Impedanz „Z“ eine komplexe, frequenzabhängige Größe, die aus einem realen und einem imaginären (j) Widerstand besteht und durch ihren Betrag „Z“ und ihren Winkel „Phi“ eindeutig bestimmt ist. Der Betrag errechnet sich nach Pythagoras aus der Wurzel der Summe der Quadrate der realen und der imaginären Anteile. Der Winkel Phi über

den Tangens.

Bei Kabeln ist die Impedanz unabhängig von der Kabellänge und wird über die Quadratwurzel aus dem Verhältnis der Induktivität zur Kapazität errechnet. Beide Größen werden durch die Konstruktion des Kabels, durch die Maße von Innenleiter, Außenleiter, *Dielektrikum* und Schirmung, bestimmt. Die Induktivität ist direkt abhängig von der Dicke des Innenleiters, ein



Bestimmung der Impedanz aus dem Wirkwiderstand und dem imaginären Blindwiderstand

HF-Stecker

dickerer Innenleiter sorgt für eine geringere Induktivität, ein dünnerer für eine höhere. Die Kapazität ist vom Dielektrikum abhängig. Ein Dielektrikum mit einer höheren Dielektrizitätskonstante verursacht eine Erhöhung der Kapazität, eine kleinere Dielektrizitätskonstante hat eine geringere Kabelkapazität zur Folge. Die Impedanz wird in Ohm angegeben und ist bei Kabeln über weite Frequenzbereiche frequenzunabhängig. Mit steigenden Frequenzen wird die Impedanz zunehmend vom Leiterwiderstand bestimmt, bei dem sich der Skineffekt auswirkt. Bei aktiven Vierpolen (Verstärker, Repeater etc.) wird die Impedanz durch entwicklungstechnische Maßnahmen in der Eingangsschaltung festgelegt. Der Kehrwert der Impedanz ist die *Admittanz*.

MC-Card-Stecker

MC card plug

Der MC-Card-Plug, auch bekannt unter der Bezeichnung Orinoco, ist ein von Lucent entwickelter *HF-Stecker*, der normalerweise nur auf PC-Cards oder anderen Kleinstboards zu finden ist. Der Orinoco-Stecker passt auf die Koaxialkabel RG-114 und RG-316.

MCX-Stecker

MCX connector

Der MCX-Stecker gehört zu den miniaturisierten *HF-Steckern*. Er stammt aus den 80er Jahren und entspricht den europäischen Spezifikationen nach CECC 22220. Die Abmessungen des Innenleiters und PTFE-*Dielektrikums* entsprechen denen des *SMB-Steckers*, der Außendurchmesser ist allerdings nur 3,5 mm. Den qualitativ hochwertigen MCX-Stecker gibt es mit *Impedanzen* von 50 Ohm und 75 Ohm. Er kann im Frequenzbereich bis 6 GHz eingesetzt werden, hat eine Einfügungsdämpfung von 0,10 dB bei 1 GHz und einen Schnappverschluss.

An *Hochfrequenzkabeln* können die dünnen Koaxialkabel mit einem Durchmesser von 2,5 mm angeschlossen werden. Beispiele: RG-174 und RG-188.

HF-Stecker



MCX-Stecker, Foto: tru-con.com

MCX-Spezifikationen	
Impedanz	50 Ohm
Frequenzbereich	6 GHz
VSWR	1,00 bis 2,5 GHz gerade 1,10 bis 2,5 GHz gewinkelt
Einfügungsdämpfung	0,10 dB bei 1 GHz
Isolationswiderstand	5.000 MOhm
Widerstand vom Innenleiter	10 mOhm
Widerstand von Außenschirmung	5 mOhm

Spezifikationen des MCX-Steckers

Eingesetzt werden kann der MCX-Stecker auf gedruckten Schaltungen, in Instrumenten, WLANs, in der Antennen- und HF-Verstärkertechnik.

In verkleinerter Version heißt der MCX-Stecker *MMCX*. Der MCX-Stecker gehört zu den miniaturisierten *HF-Steckern*. Er stammt aus den 80er Jahren und entspricht den europäischen Spezifikationen nach CECC 22220.

Die Abmessungen des Innenleiters und PTFE-Dielektrikums entsprechen denen des *SMB-Steckers*, der Außendurchmesser ist allerdings nur 3,5 mm. Den

qualitativ hochwertigen MCX-Stecker gibt es mit *Impedanzen* von 50 Ohm und 75 Ohm. Er kann im Frequenzbereich bis 6 GHz eingesetzt werden, hat eine Einfügungsdämpfung von 0,10 dB bei 1 GHz und einen Schnappverschluss.

An *Hochfrequenzkabeln* können die dünnen Koaxialkabel mit einem Durchmesser von 2,5 mm angeschlossen werden. Beispiele: RG-174 und RG-188.

Eingesetzt werden kann der MCX-

HF-Stecker

Stecker auf gedruckten Schaltungen, in Instrumenten, WLANs, in der Antennen- und HF-Verstärkertechnik.

In verkleinerter Version heißt der MCX-Stecker *MMCX*.

Mini-UHF-Stecker *mini UHF connector*



*Mini-UHF-Stecker auf N-Buchse,
Foto: Wilson Electronics*

Der *Mini-UHF-Stecker* stammt aus den 70er Jahren. Es handelt sich um einen miniaturisierten UHF-Stecker, der für Hochfrequenzen bis 2,5 GHz eingesetzt werden kann. Er hat eine *Impedanz* von 50 Ohm und kann an Koaxialkabel mit einem Durchmesser von 5 mm, wie das RG-58 oder RG-223, angeschlossen werden. Durch den Schraubverschluss (3/8") hat der Mini-UHF-Stecker ausgezeichnete HF-Eigenschaften, so ein *Stehwellenverhältnis* (VSWR) von 1,25 bis 2,5 GHz. Das *Dielektrikum* ist Teflon oder ein anderer Kunststoff mit vergleichbaren Eigenschaften. Der Isolationswiderstand

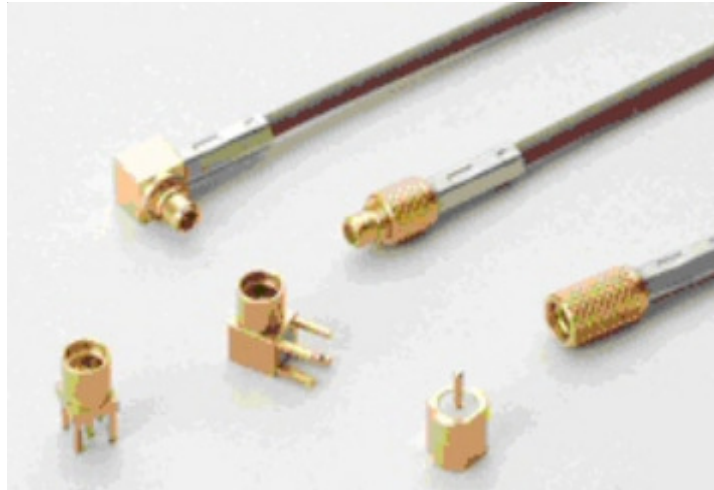
liegt bei etwa 5 Giga-Ohm, die Isolationsspannung reicht bis 1.000 V, der Nennspannungsbereich bis 350 V und der Temperaturbereich liegt zwischen -50 °C bis 85 °C. Den Mini-UHF-Stecker gibt es in speziellen Ausführungen nach MIL-Standards für starke mechanische Beanspruchungen, für Vibrationen, Stoß und Temperaturschwankungen spezifiziert.

MMCX-Stecker *MMCX, micro-miniature coaxial connector*

Der Micro-Miniature Coaxial Connector (MMCX) ist ein HF-Mikrominiaturstecker mit einer Einschnapp-Verriegelung die Steckerdrehungen von bis zu 360 Grad ermöglicht.

Der 1990 entwickelte MMCX-Stecker ist eine verkleinerte Version des *MCX-Steckers*, er hat

HF-Stecker



MMCX-Stecker, Foto: Fujikura

eine *Impedanz* von 50 Ohm, sein Frequenzbereich reicht bis 6 GHz und er erfüllt die europäischen CECC-22000-Spezifikationen. Der Mikrominiaturstecker wird in PC-Cards und in kleinen HF-Komponenten eingesetzt und eignet sich für die Platinenmontage, da er in gerader und gewinkelter Form zur Verfügung steht. Die Koaxialkabel RG-316, RG-188 und RG-174 können direkt an den MMCX-Stecker angeschlossen werden.

N-Stecker *N connector*

schraubbare Koaxialkabelverbindung für Koaxialkabel mit einem Durchmesser von 10 mm, wie beispielsweise das RG-213-Kabel oder das klassische „gelbe“ Ethernet-Kabel.



N-Stecker, Foto: SSB Electronic

Die Standard-N-Verbindung ist eine schraubbare Koaxialkabelverbindung für Koaxialkabel mit einem Durchmesser von 10 mm, wie beispielsweise das RG-213-Kabel oder das klassische „gelbe“ Ethernet-Kabel. Der N-Stecker wurde bereits in den 40er Jahren für militärische Anwendungen im Frequenzbereich bis 5 GHz entwickelt. Die Bezeichnung „N“ soll daher von Navy abgeleitet sein, es gibt aber auch andere Interpretationen, die den Namen des Entwicklers Paul Neil von Bell Labs anführen. In den 60er Jahren wurde der N-Stecker verbessert und konnte im Frequenzbereich bis 12 GHz, später sogar bis 18 GHz eingesetzt werden. Seine *Impedanz* beträgt 50 Ohm, es gibt allerdings eine

HF-Stecker

Version mit dünnerem Innenstift und einer Impedanz von 75 Ohm. Bedingt durch die Schraubverbindung und eine doppelte Schirmung hat der N-Stecker eine hohe HF-Dichtigkeit und ist besonders geschützt gegen Fremdstrahlungen, gegen Strahlung nach außen und gegen Spritzwasser.

Die N-Anschlüsse können gecrimt oder gelötet werden.

PL-Stecker

PL connector

PL-Stecker ist eine andere Bezeichnung für den *UHF-Stecker*, die vorwiegend im Amateurfunk benutzt wird.

Der PL-Stecker hat eine Schraubverbindung, ist für den Frequenzbereich bis 300 MHz ausgelegt und wird vorwiegend in Antennenanlagen, in der Kurzwellentechnik und im CB-Funk eingesetzt. Den PL-Stecker gibt es mit verschiedenen Kabelöffnungen von 10 mm und 7 mm. Dadurch können sowohl das 10 mm dicke RG-213-Kabel und auch das wesentlich dünnere RG-58-Kabel an den PL-Stecker angeschlossen werden.

Reflexionsfaktor

reflection coefficient

	VSWR	Γ
$\Gamma = \frac{VSWR - 1}{VSWR + 1}$	1,0	0,00
	1,1	0,05
	1,2	0,09
	1,4	0,17
	1,5	0,20
Γ (Gamma), Reflexionsfaktor	1,8	0,29
	1,9	0,31
	2,0	0,33
	10,0	0,82
VSWR, Stehwellenverhältnis		

Zusammenhang zwischen Reflexionsfaktor und VSWR

Der Reflexionsfaktor ist ein frequenzabhängiger Vektor, über dessen Winkel die Art und Größe der Reflexion bestimmt werden kann. Anders als beim *Stehwellenverhältnis* (VSWR), bei dem nicht zwischen einem kurzgeschlossenen und einem offenen Leitungsabschluss unterschieden werden kann, bietet der Reflexionsfaktor diese Möglichkeit. Er wird angegeben in dem griechischen

HF-Stecker

Großbuchstaben Gamma und hat einen unmittelbaren Bezug zum Stehwellenverhältnis und zur *Rückflusdämpfung*.

Der Reflexionsfaktor kann Werte zwischen 0,0 und 1,0 annehmen. Bei impedanzrichtiger Anpassung, wenn also keine Reflexionen und Stehwellen auftreten, ist der Reflexionsfaktor 0,0, bei offener oder kurzgeschlossener Anpassung ist der Wert +1,0 resp. -1,0, der Winkel des Vektors ist im ersten Fall, bei offenem Abschluss 180°, im zweiten Fall 0°.

Als grafische Darstellung für Reflexionsfaktoren bietet sich die *Smith-Chart* an, mit der die komplexen *Impedanzen* und *Admittanzen* mit ihren realen und imaginären Anteilen darstellt werden können.

Rückflusdämpfung

RL, return loss

Die Rückflusdämpfung, auch Rückstreuämpfung genannt, gibt es bei drahtgebundenen und optischen Übertragungsmedien. Es handelt sich dabei um ein logarithmisches Maß für das Verhältnis von ausgesendeter zu reflektierter Energie.

$RL = -20 \log \left[\frac{VSWR-1}{VSWR+1} \right]$ <p>RL, Return Loss VSWR, Stehwellenverhältn.</p>	VSWR	RL
	1,0	unendl.
	1,1	26,44
	1,2	20,83
	1,4	15,56
	1,5	13,98
	1,8	10,88
	1,9	10,16
	2,0	9,54
	10,0	1,71

Zusammenhang zwischen Rückflusdämpfung und VSWR

Bei metallischen Kabeln versteht man unter der Rückflusdämpfung das Verhältnis von eingespeister Energie zu rückgestreuter Energie. Solche Rückstreuungen treten an Inhomogenitäten innerhalb des Kabels oder im *HF-Stecker* auf. Dabei wird ein Teil der Signalenergie reflektiert und breitet sich in entgegen gesetzter im Kabel aus. Dieser Signalanteil wird in Relation gestellt zu dem eingespeisten Signalpegel. Das Verhältnis ist die Rückflusdämpfung, die in

HF-Stecker

Dezibel angegeben wird und in einem unmittelbaren Zusammenhang mit dem *Stehwellenverhältnis* (VSWR) steht.

Bei optischen Übertragungsmedien stellt die optische Rückflusssdämpfung das Verhältnis von eingespeister Lichtenergie zu reflektierter Lichtenergie dar. Die optische Rückflusssdämpfung wird als Optical Return Loss (ORL) bezeichnet und ist abhängig von der Wellenlänge der eingespeisten Lichtenergie und von dem Lichtwellenleiter.

SMA-Stecker

SMA, subminiature A



SMA-Stecker, Foto: media,digikey

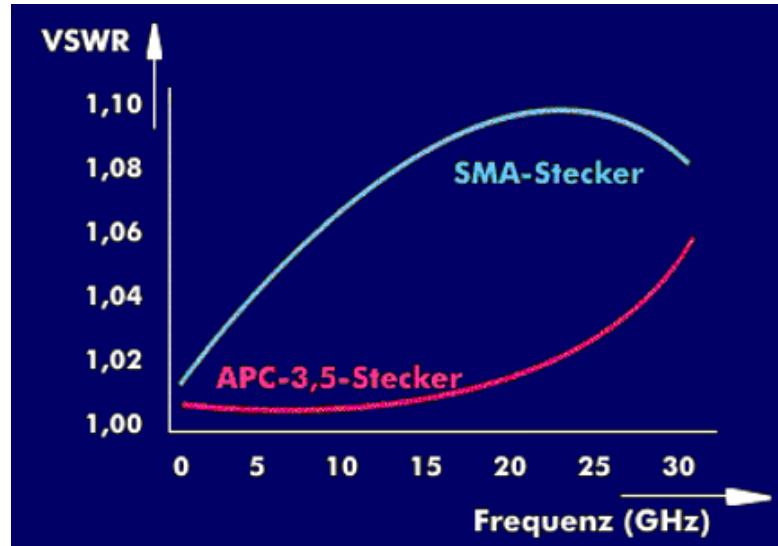
Der koaxial aufgebaute SMA-Stecker (Subminiature A) ist ein Mikrowellen-Stecker, der von Bendix Scintilla Corp. entwickelt wurde und wegen seiner Robustheit in der HF- und Mikrowellentechnik eingesetzt wird.

SMA-Stecker haben Gewindeverschluss und daher eine hohe HF-Dichtigkeit, allerdings ist der *Reflexionsfaktor* höher als bei anderen *HF-Steckern*. Den SMA-Stecker gibt es in zwei Versionen: der Standard- und der Reverse-Version. Bei der

Standard-Version hat der Stecker eine Überwurfmutter mit Innengewinde und einen Stift, die SMA-Buchse bildet mit dem Außengewinde und dem Kelch das Gegenstück. Bei der Reverse-Ausführung hat Reverse-Stecker einen Kelch und die Reverse-Buchse einen Stift.

Der Standard-SMA-Stecker ist für Frequenzen bis 12,4 GHz ausgelegt. Qualitativ hochwertige können mit den meisten *Hochfrequenzkabeln* bis 18 GHz eingesetzt werden und speziell ausgeführte Versionen eignen sich für Frequenzen bis 24 GHz und sogar bis 27 GHz, allerdings mit verringerten Werten für das *VSWR* und die *Rückflusssdämpfung*. Letztere liegt für die Standard-Version im Frequenzbereich bis 8 GHz über 40 dB und bis 18 GHz über 30 dB. Bei vorsichtiger Handhabung können SMA-Stecker einige hundert Steckzyklen ohne

HF-Stecker



Stehwellenverhältnis des SMA- und des APC-3.5-Steckers

wesentliche Verschlechterung der Übertragungseigenschaften vertragen. Es gibt so genannte Präzisions-SMA-Stecker, die mechanisch mit den SMA-Steckern kompatibel sind, diese Stecker sind bekannt als *2,92-mm-Stecker*, *3,5-mm-Stecker* und WSMA-Stecker. Der WSMA-Stecker ist ein Präzisions-SMA-Stecker der Firma Wiltron, der für Präzisionsmessungen benutzt werden kann. Er hat bis 33 GHz gute Übertragungseigenschaften und ist dem 3,5-mm-Stecker sehr ähnlich.

SMB-Stecker

SMB, subminiature B

Der SMB-Stecker (Subminiature B) ist vergleichbar dem *SMA-Stecker*, er ist allerdings größer und für dickere Koaxialkabel ausgelegt. An den SMB-Stecker können 10 mm dicke Koaxialkabel mit einer *Impedanz* von 75 Ohm angeschlossen werden.

Der SMB-Stecker, der eine Einschnappkupplung hat, ist für Frequenzen bis 4 GHz ausgelegt, kann aber bis zu Frequenzen von 10 GHz eingesetzt werden. Das *Stehwellenverhältnis* beträgt bei der geraden Steckerausführung 1,33 bei 2 GHz, bei gewinkeltem Stecker erhöht sich das VSWR auf 1,43 bei 2 GHz, die Einfügungsdämpfung 0,30 Dezibel (dB) bei 1,5 GHz. Der SMB-Stecker ist für etwa 500 Steckzyklen ausgelegt.

Den SMB-Stecker gibt es auch in einer miniaturisierten Version, die um ein Drittel kleiner ist. Diese Version nennt sich Sub-SMB, SSMB.

HF-Stecker

SMC-Stecker

SMC, subminiature C

Der SMC-Stecker (Subminiature C) ist eine kleinere Variante des *SMB-Steckers*, der mit einer Gewindekupplung ausgestattet ist. Er wurde in den 60er Jahren für platzsparende Anwendungen entwickelt und war zuerst für Frequenzen bis zu 4 GHz ausgelegt. Der Einsatz ist bis 10 GHz möglich, wobei sich allerdings die Übertragungseigenschaften mit steigender Frequenz verschlechtern. Der SMC-Stecker kann als Ersatz für den SMB-Stecker benutzt werden, vor allem bei sich ändernden Beanspruchungen.

Smith-Diagramm

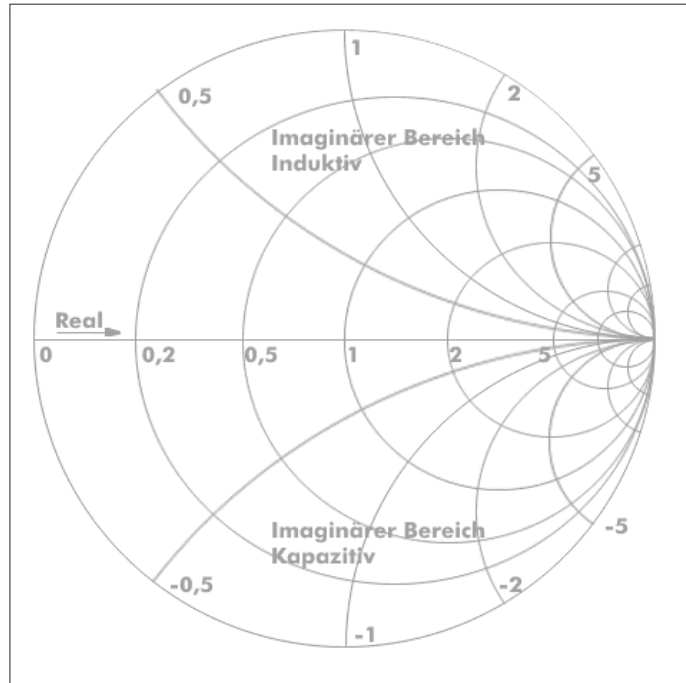
Smith chart

Das Smith-Diagramm ist eine grafische Darstellung, mit der relativ komplizierte mathematische Zusammenhänge durch ein geometrisches Konstrukt ersetzt werden. Bei dieser Darstellung werden komplexe Zahlen übersichtlich dargestellt, wodurch man impedanzmäßige Änderungen auf *Hochfrequenzkabeln* oder anderen Übertragungsleitungen darstellen kann. Es zeigt dem Benutzer, wie sich die *Impedanz* oder *Admittanz* aufgrund des *Reflexionsfaktors* oder des *Stehwellenverhältnisses* (VSWR) bei verschiedenen Frequenzen verhält.

Die bekanntere Darstellung der Impedanzen erfolgt im kartesischen Koordinatensystem mit ihrem realen und imaginären Anteil. Ihre Anteile sind bestimmt durch den Betrag (Z) und den Winkel (Φ). Ändern sich der reale und der imaginäre Widerstand, dann ändern sich die beiden Größen „ Z “ und Φ . Eine andere Darstellungsform ist die polare, die im Smith-Diagramm benutzt wird, allerdings als normierte, dimensionslose Impedanz.

Bei dem Smith-Chart handelt es sich um ein kreisförmiges Koordinatensystem für die Darstellung komplexer Impedanzen von passiven, frequenzabhängigen Vierpolen. Dargestellt wird das Stehwellenverhältnis oder aber der Reflexionskoeffizient auf einem kreisförmigen Koordinatensystem, das die Impedanz- oder Admittanzwerte repräsentiert. In der Horizontalen der Smith-Chart werden die realen Werte aufgetragen. Bei der Darstellung über

HF-Stecker



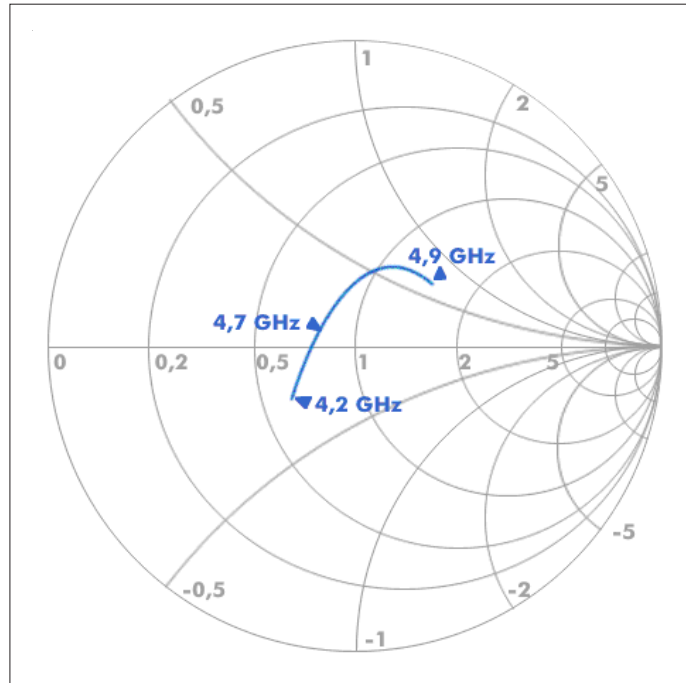
Aufbau der Smith-Chart

das Stehwellenverhältnis können diese Werte zwischen „0“ und unendlich liegen. In der Vertikalen liegen die imaginären Werte $+jx$ und $-jx$, ebenfalls zwischen „0“ und unendlich. Die Horizontalachse ist logarithmisch eingeteilt, jeder Wert zwischen „0“ und unendlich wird durch einen Kreis dargestellt. Der äußerste Kreis entspricht dem Wert „0“, die folgenden Kreise haben Durchmesser, die dem reziproken Logarithmus entsprechen. Der Kreis der durch den Mittelpunkt des 0-Kreises geht, entspricht dem Wert „1“. Die vertikalen Kreise für die imaginären Werte schneiden die Kreise für die realen Werte im Winkel von 90° .

Die obere Hälfte der Smith-Chart stellt den induktiven Blindwiderstand dar, die untere den

kapazitiven. In diesen Kreisdiagrammen wird die normierte Impedanz als komplexe dimensionslose Zahl dargestellt. Ist kein Blindwiderstand vorhanden und ändert sich die reale Impedanz mit der Frequenz, dann entsteht ein Vektor auf der Horizontalen. Bei einer anderen Frequenz ergibt sich eine andere Impedanz und somit ein weiterer Vektor, der auch einen imaginären Anteil haben kann. Die Größe der Vektoren ist ein Maß für das Stehwellenverhältnis. Die Endpunkte der Vektoren werden miteinander verbunden und es entsteht eine Kurvenform, die die Vektorendpunkte bei den einzelnen Frequenzen darstellt. Da es in dem Smith-Diagramm keine frequenzmäßigen Bezug gibt, müssen die einzelnen

HF-Stecker



Smith-Chart eines Mikrowellensteckers

Frequenzen in der Chart markiert werden. Mit dem Smith-Diagramm wird das Stehwellenverhalten von Vierpolen dargestellt. Das können *HF-Stecker*, Hochfrequenzkabel oder Antennen sein.

Der Name der Smith-Chart ist auf dessen Entwickler Philip Smith von den Bell Labs zurückzuführen, der die Smith-Chart in den 30er Jahren entwickelte. Das Smith-Diagramm ist eine grafische Darstellung mit der relativ komplizierte mathematische Zusammenhänge durch ein geometrisches Konstrukt ersetzt werden. Bei dieser Darstellung werden komplexe Zahlen übersichtlich dargestellt, wodurch man impedanzmäßige Änderungen auf *Hochfrequenzkabeln* oder anderen

Übertragungsleitungen darstellen kann. Es zeigt dem Benutzer wie sich die *Impedanz* oder *Admittanz* aufgrund des *Reflexionsfaktors* oder des *Stehwellenverhältnisses* (VSWR) bei verschiedenen Frequenzen verhält.

Die bekanntere Darstellung der Impedanzen erfolgt im kartesischen Koordinatensystem mit ihrem realen und imaginären Anteil. Ihre Anteile sind bestimmt durch den Betrag (Z) und den Winkel (Φ). Ändern sich der reale und der imaginäre Widerstand, dann ändern sich die beiden Größen „ Z “ und Φ . Eine andere Darstellungsform ist die polare, die im Smith-Diagramm benutzt wird, allerdings als normierte, dimensionslose Impedanz.

HF-Stecker

Bei der Smith-Chart handelt es sich um ein kreisförmiges Koordinatensystem für die Darstellung komplexer Impedanzen von passiven, frequenzabhängigen Vierpolen. Dargestellt wird das Stehwellenverhältnis oder aber der Reflexionskoeffizient auf einem kreisförmigen Koordinatensystem, das die Impedanz- oder Admittanzwerte repräsentiert. In der Horizontalen der Smith-Chart werden die realen Werte aufgetragen. Bei der Darstellung über das Stehwellenverhältnis können diese Werte zwischen „0“ und unendlich liegen. In der Vertikalen liegen die imaginären Werte $+jx$ und $-jx$, ebenfalls zwischen „0“ und unendlich. Die Horizontalachse ist logarithmisch eingeteilt, jeder Wert zwischen „0“ und unendlich wird durch einen Kreis dargestellt. Der äußerste Kreis entspricht dem Wert „0“, die folgenden Kreise haben Durchmesser, die dem reziproken Logarithmus entsprechen. Der Kreis der durch den Mittelpunkt des 0-Kreises geht, entspricht dem Wert „1“. Die vertikalen Kreise für die imaginären Werte schneiden die Kreise für die reale Werte im Winkel von 90° . #3

Die obere Hälfte der Smith-Chart stellt den induktiven Blindwiderstand dar, die untere den kapazitiven. In diesen Kreisdiagrammen wird die normierte Impedanz als komplexe dimensionslose Zahl dargestellt. Ist kein Blindwiderstand vorhanden und ändert sich die reale Impedanz mit der Frequenz, dann entsteht ein Vektor auf der Horizontalen. Bei einer anderen Frequenz ergibt sich eine andere Impedanz und somit ein weiterer Vektor, der auch einen imaginären Anteil haben kann. Die Größe der Vektoren ist ein Maß für das Stehwellenverhältnis. Die Endpunkte der Vektoren werden miteinander verbunden und es entsteht eine Kurvenform, die die Vektorendpunkte bei den einzelnen Frequenzen darstellt. Da es in dem Smith-Diagramm keine frequenzmäßigen Bezug gibt, müssen die einzelnen Frequenzen in der Chart markiert werden.

Mit dem Smith-Diagramm wird das Stehwellenverhalten von Vierpolen dargestellt. Das können *HF-Stecker*, Hochfrequenzkabel oder Antennen sein.

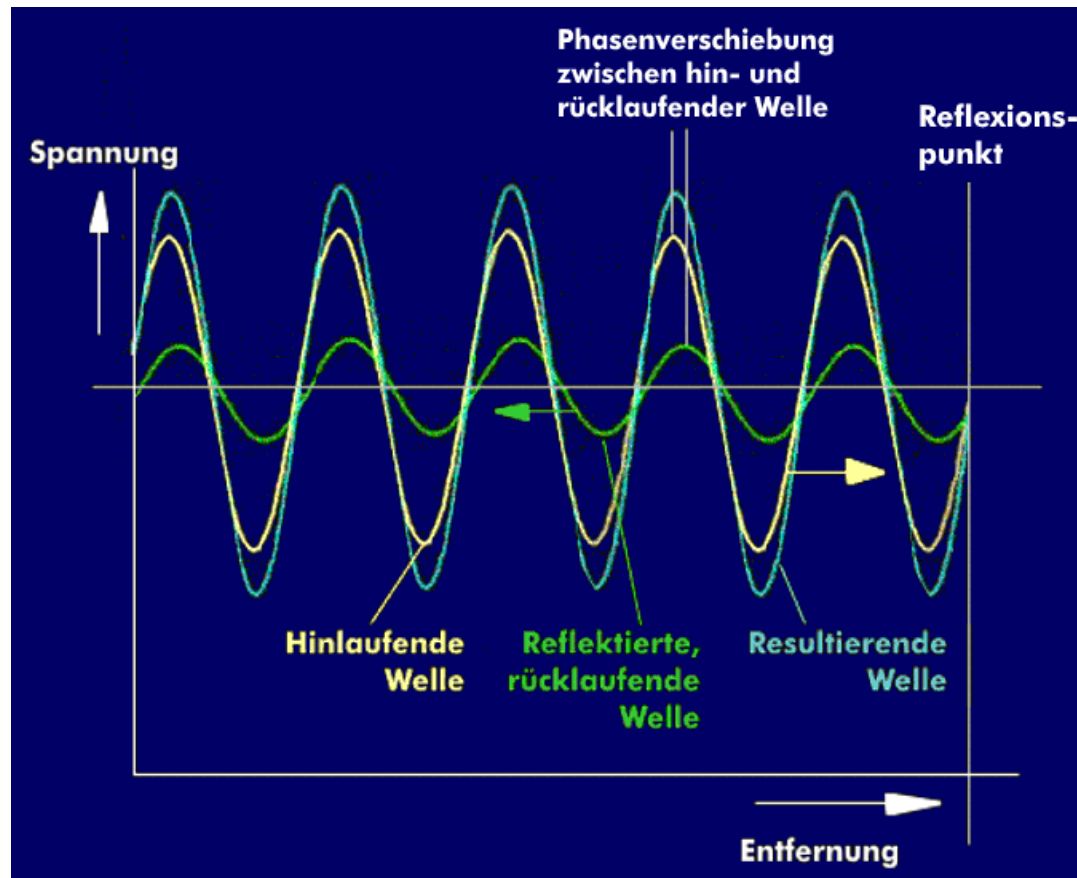
HF-Stecker

Der Name der Smith-Chart ist auf dessen Entwickler Philip Smith von den Bell Labs zurückzuführen, der die Smith-Chart in den 30er Jahren entwickelte.

Stehwellenverhältnis
*VSWR, voltage standing
wave ratio*

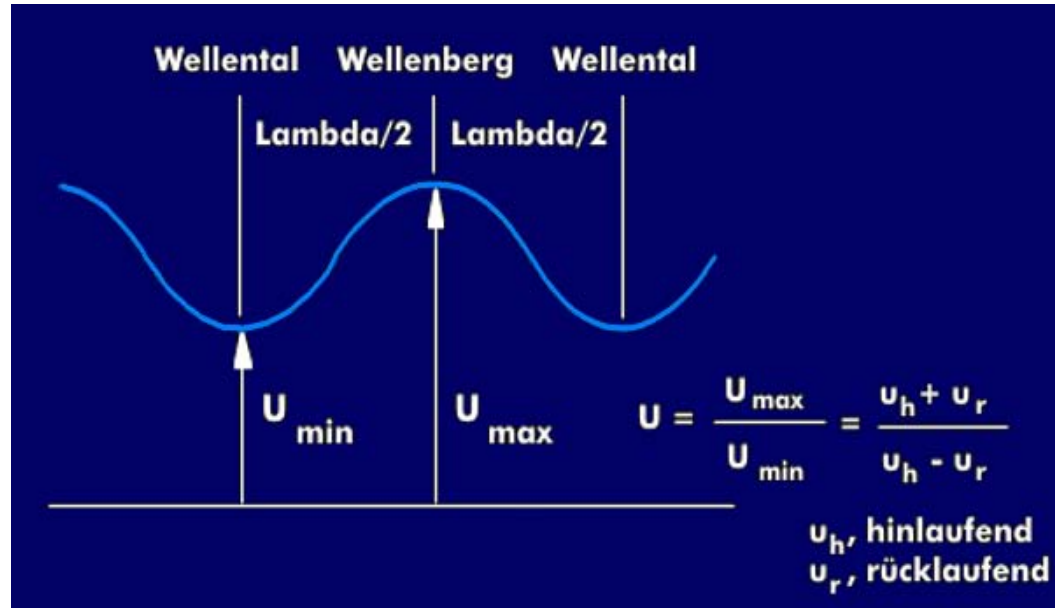
Stehwellen entstehen in Kabeln, wenn diese nicht mit der Kabelimpedanz abgeschlossen sind

oder wenn an ein vorhandenes Kabel ein weiteres mit einer abweichenden *Impedanz* angeschlossen ist. Die im Kabel hinlaufende Welle wird dann am Kabelende oder an der Verbindung zwischen den Kabeln reflektiert und läuft im Kabel zurück. Die rücklaufende Welle beeinträchtigt die hinlaufende mit der sie sich überlagert. Je nach Phasenlage von hin- und rücklaufender Welle können sich beide



Entstehung einer Stehwelle an einem Abschluss mit falscher Impedanz

HF-Stecker



Bestimmung des Stehwellenverhältnisses (VSWR) mit Spannungsmaxima und -minima

führen kann, dass sich die beiden Wellen zu einer doppelt so großen Welle addieren oder sich gegenseitig auslöschen.

Das Stehwellenverhältnis (VSWR) wird aus dem Verhältnis von maximaler zu minimaler Spannung errechnet. Die maximale Spannung entspricht der Summe aus der hin- und rücklaufenden Spannung, die minimale Spannung wird aus der Differenz von beiden ermittelt. Ist beispielsweise das Kabel mit dem richtigen *Wellenwiderstand* optimal abgeschlossen und wird der hinlaufenden Welle der Spannungswert 1 zugeordnet, dann hat die rücklaufende Welle, dadurch dass keine Spannung reflektiert wird, den Spannungswert 0. Die Summe beider Spannungswerte bleibt somit 1, die Differenz und das Stehwellenverhältnis ebenfalls. Das

Wellen zu einer größeren addieren oder zu einer geringeren subtrahieren. Dadurch bilden sich auf dem Kabel in regelmäßigen Abständen Wellenberge und Wellentäler aus. Bei extremer Fehlanpassung, beispielsweise dann, wenn das Kabel am Ende offen oder kurzgeschlossen ist, entsteht eine Totalreflexion die dazu

HF-Stecker

Stehwellenverhältnis von 1,00 entspricht also der optimalen Anpassung.

Bei Fehlanpassungen steigt das Stehwellenverhältnis an, bis es bei totaler Fehlanpassung nach unendlich geht.

Das Stehwellenverhältnis kann auch über das Verhältnis der Impedanzen ermittelt werden. Ist beispielsweise ein 75-Ohm-Kabel mit 100 Ohm abgeschlossen, dann ist das Stehwellenverhältnis $100/75$ bzw. 1,33.

Als grafische Darstellung für das Stehwellenverhältnis bietet sich die *Smith-Chart*, die die komplexen Impedanzen und *Admittanzen* mit ihren realen und imaginären Anteilen darstellt. Es gibt einen unmittelbaren Bezug zwischen dem Stehwellenverhältnis und dem *Reflexionsfaktor* sowie der *Rückflusssdämpfung*.

TNC-Stecker

TNC, threaded Neill-Concelman



TNC-Stecker, Foto: NoCat

Der koaxial aufgebaute TNC-Stecker ist ein Mikrowellenstecker, der in seinen Abmessungen dem *BNC-Stecker* gleicht. Anstelle der Bajonett-Verriegelung hat die TNC-Verbindung eine Schraubverriegelung, wodurch eine höhere HF-Dichtigkeit erreicht wird. Dieser *HF-Stecker* wird dort eingesetzt, wo mechanische Beanspruchungen dem Einsatz von BNC-Steckern entgegenstehen.

Eingesetzt wird dieser HF-Stecker in Antennenanlagen, an LNBs und in WLANs. TNC-Stecker sind in der IEC-Spezifikation 169-17 für Frequenzen bis 11 GHz oder 16 GHz ausgelegt,

HF-Stecker

sie können mit erheblicher *Dämpfung* aber auch bis 18 GHz (IEC 196-26) eingesetzt werden. Der TNC-Stecker hat eine *Impedanz* von 50 Ohm und kann an die Koaxialkabel RG-58, RG-213 und RG-316 angeschlossen werden.

Das TNC-Steckersystem gibt es ebenso wie die *SMA-Stecker* in einer Reverse-Version bei der die Buchse mit dem Stift und der Stecker mit dem Kelch ausgestattet sind.

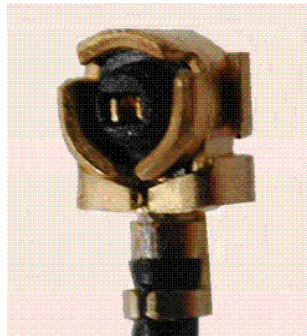
Die TNC-Steckverbindung ist in den MIL-Standards MIL-C-39012 und MIL-C-23329 spezifiziert.

Twinaxial-Stecker *twinaxial connector*

Der Twinax-Stecker zeichnet sich dank seiner Innenschirmung und der metallischen Schraubverbindung durch gute Dichtigkeit gegenüber Abstrahlungen und Einstrahlungen aus. Er hat zwei Innenleiter, die im Abstand von 6,2 mm in einer Teflonschicht sitzen und für die Verbindung sorgen.

Der Twinaxial-Stecker arbeitet im Frequenzbereich bis 200 MHz, eventuell auch bis 500 MHz, und kann an Twinaxial-Kabel mit *Impedanzen* von 78 Ohm und 95 Ohm angeschlossen werden.

U.FL-Stecker *U.FL connector*



Subminiatur U.FL-Stecker,
Foto: Profi-WLAN

Der U.FL-Stecker ist ein *HF-Stecker* in Subminiatur-Bauweise. Er wurde von der Firma Hirose entwickelt und wird für den Platinenanschluss eingesetzt. Der mit unter 3 mm Durchmesser recht winzige U.FL-Stecker wird fest konfektioniert und als Pigtail mit U.FL-Kabeln geliefert.

Das U.FL-Kabel hat einen Durchmesser von nur 1,3 mm und einen Biegeradius von 5 mm. Es kann bis zu Frequenzen von 6 GHz eingesetzt werden und hat bei 2,4 GHz eine *Dämpfung* von 3,4 dB/m, die auf 4,6 dB/m bei 5,3 GHz und auf 5,1 dB/m bei 5,7 GHz ansteigt.

HF-Stecker

UHF-Stecker *UHF connector*



UHF-Stecker, Foto: NoCat

Der UHF-Stecker gehört zu den klassischen *HF-Steckern*. Er stammt aus dem Jahr 1930 und wurde von Amphenol entwickelt. Obwohl die Bezeichnung UHF vermuten lässt, dass dieser Koaxialstecker das gesamte UHF-Band abdeckt, reichen die Übertragungsfrequenzen nur bis zu 300 MHz, also für Kurzwellen und VHF. In der Kurzwellentechnik wird er auch unter der Bezeichnung *PL-Stecker* geführt. Der allgemein nutzbare und preiswerte UHF-Stecker hat ein Schraubgewinde (5/8") und als *Dielektrikum* Teflon oder einen vergleichbaren Kunststoff. Er kann an viele Koaxialkabel mit

unterschiedlichen Stärken und *Impedanzen* angeschlossen werden. Den UHF-Stecker gibt es mit 10-mm- und 7-mm-Kabelöffnung. Er kann in einem Temperaturbereich zwischen -55°C und 160°C eingesetzt werden und mit Spannungen bis 500 V.

Eingesetzt wird der UHF-Stecker in Antennenanlagen, im VHF-Fernseh- und Kurzwellenbereich sowie im CB-Funk.

Neben dem Standard-UHF-Stecker gibt es noch einen *Mini-UHF-Stecker*.

Wellenwiderstand *characteristic impedance*

Der Wellenwiderstand und die *Impedanz* sagen prinzipiell das Gleiche aus, wobei der Wellenwiderstand der wellenlängenabhängige Scheinwiderstand ist, die Impedanz der frequenzabhängige. Bei Kabeln ist der Wellenwiderstand definiert als der Eingangswiderstand einer homogenen Leitung von unendlicher Länge.

HF-Stecker

Der Wellenwiderstand, der in Ohm angegeben wird, ist ein Maß zur Bewertung des Hochfrequenzverhaltens von HF-Vierpolen wie *HF-Stecker*, *HF-Kabel* oder Antennen. Bei Koaxialkabeln ist der Wellenwiderstand unabhängig von der Kabellänge aber abhängig vom Kapazitäts- und Induktivitätsbelag des HF-Kabels. Diese Werte sind direkt abhängig vom Durchmesser des Innenleiters und der Schirmung und von der Dielektrizitätskonstanten des *Dielektrikums*. Das Ersatzschaltbild verdeutlicht die Einflüsse der Induktivitäten und Kapazitäten auf den Wellenwiderstand. Es zeigt eine Reihenschaltung von vielen einzelnen Induktivitäten und Kapazitäten, die die Induktivitäts- und Kapazitätsbeläge nachbilden. Unter Vernachlässigung des ohmschen Widerstands ergibt sich der Wellenwiderstand (Z) näherungsweise aus der Wurzel des Verhältnisses von Induktivität zur Kapazität. Entspricht der Wellenwiderstand einer Leitung dem Abschlusswiderstand, dann treten keine Stehwellen auf und das *Stehwellenverhältnis* ist „1“.

Zwitterstecker *hermaphroditic connectors*

Zwitterstecker gehören zu der Gruppe der Sexless-Stecker, bei denen beide Verbindungsteile vollkommen identisch sind. Es gibt also nicht den Stecker und die Buchse, sondern eine Verbindungskomponente, die so konstruiert ist, dass sie die Funktionen von Stecker und Buchse übernimmt und bei denen zwei solcher Steckkomponenten zu einer Steckverbindung zusammengefügt werden können.

Da man im Sprachgebrauch Steckern und Buchsen auch Geschlechtern zuordnet - Male (M) für männlich und Female (F) für weiblich -, spricht man bei der hermaphroditischen Verbindung auch von sexless. Beispiele für Zwitterstecker sind der IBM-Datenstecker, der *APC-Stecker* (APC-7), der *7-mm-Stecker* und der *GR874-Stecker*.

Herausgeber

Klaus Lipinski
Datacom-Buchverlag GmbH
84378 Dietersburg

ISBN: 978-3-89238-173-0

HF-Stecker

E-Book, Copyright 2010

Trotz sorgfältiger Recherche wird für die angegebenen Informationen keine Haftung übernommen.



Dieses Werk ist unter einem Creative Commons
Namensnennung-Keine kommerzielle Nutzung-Keine Bearbeitung 3.0
Deutschland Lizenzvertrag lizenziert.

Erlaubt ist die nichtkommerzielle Verbreitung und Vervielfältigung ohne das Werk zu verändern und unter Nennung des Herausgebers. Sie dürfen dieses E-Book auf Ihrer Website einbinden, wenn ein Backlink auf www.itwissen.info gesetzt ist.

Layout & Gestaltung: Sebastian Schreiber

Titelbild: Copyright Ronen - Fotolia.com

Produktion: www.media-schmid.de

Weitere Informationen unter www.itwissen.info